

## UASB+DHS を用いた都市下水処理システムにおける 嫌気無酸素回分式リアクターを用いた窒素除去およびリン除去・回収

長岡技科大 (学) ○坂本健一, (正) 幡本将史, (正) 山口隆司  
 東北大院 (正) 高橋優信, (正) 久保田健吾, (正) 原田秀樹  
 長岡高専 (正) 荒木信夫, 高知高専 (正) 山崎慎一  
 木更津高専 (正) 大久保努, (正) 上村繁樹

### 1. はじめに

我々の研究グループでは、上昇流嫌気性汚泥床 (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket : UASB) 法とスポンジ懸垂型リアクター (Down-flow Hanging Sponge : DHS) 法を組み合わせた省エネルギー・低コスト型の下水処理システムの研究開発を行っている。本システムは高い有機物除去性能と硝化性能を有しているが、リン除去および脱窒性能を有していない。そこで、本研究グループでは、リン除去および脱窒のための生物学的高度処理として、脱窒性リン酸蓄積細菌 (Denitrifying Polyphosphate Accumulating Organisms : DPAOs) を用いた窒素リン除去プロセスの研究開発を行っている。DPAOs を用いた生物化学的リン除去は、硝酸を電子受容体とするため、硝化性能を有する UASB+DHS システムに適した手法である。本手法は、既存のリン酸蓄積細菌と脱窒細菌を用いる手法と比較して必要な有機物量や余剰汚泥発生量が少なく、エアレーションを必要としないという利点がある。また、DPAOs はリンを高濃度で細胞内に蓄積するため、汚泥からのリン資源回収が可能であると考えられる。

そこで本研究では、UASB+DHS システムの後段に DPAOs を培養するための嫌気・無酸素回分式リアクター (Anaerobic/Anoxic Sequencing Batch Reactor : A<sub>2</sub>SBR) を設置し、UASB+DHS 処理水に含有する窒素とリンの除去を行った。さらに、A<sub>2</sub>SBR 汚泥からのリン回収を行うため、A<sub>2</sub>SBR の後段に物理化学的リン回収法である HAP (Hydroxyapatite) 法を用いた HAP 生成リアクターを設置してリン回収を行い、システム全体でのリン除去・回収性能を調査した。

### 2. 実験装置および方法

本実験に用いた A<sub>2</sub>SBR および HAP 生成リアクターの概要図を図 1 に示す。A<sub>2</sub>SBR は、高さ 0.9 m、外径 0.6 m、全容量 200 L で、槽内は嫌気環境を維持した。A<sub>2</sub>SBR は 360 分を 1 サイクルとし、90 分の嫌気条件と 270 分の無酸素条件で構成した。サイクル開始時 (0 分) に炭素源として酢酸ナトリウム溶液 (流入リン濃度に対する COD/P 比は 25 g-COD/g-P) を添加し、攪拌を開始して槽内を嫌気環境とした。UASB+DHS システムによって有機物除去と硝化を行った都市下水処理水を、90 分に槽内に 50 L 流入し、槽内を無酸素環境とした。290 分に槽内の攪拌を停止して汚泥を沈降させ、350 分に分離した上澄み 50 L を排水した。A<sub>2</sub>SBR 槽内の pH は、添加する酢酸ナトリウム溶液の pH を調整することに

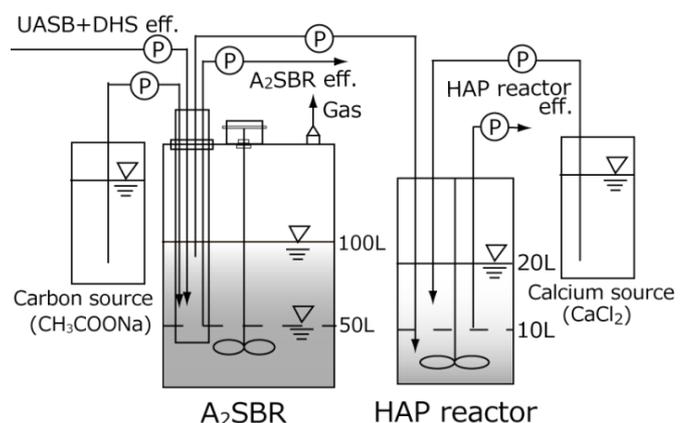


図 1 A<sub>2</sub>SBR - HAP 生成リアクターの概要図

キーワード UASB+DHS, A<sub>2</sub>SBR, リン除去, リン回収, 窒素除去, HAP 法

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡 1603-1 長岡技術科学大学大学院 工学研究科

水圏土壌環境制御工学研究室 TEL 0258-47-1611 (内線 6466) E-mail : s103325@stn.nagaokaut.ac.jp

より、 $7.4 \pm 0.3$  に調整した。槽内の汚泥濃度は、汚泥を継続的に引抜くことにより、約  $2,000 \text{ mg/L}$  に調整した。植種汚泥には活性汚泥を用いた。

リン回収には、物理化学的リン回収法である HAP 法を用いた。HAP 生成リアクターは、高さ  $0.4 \text{ m}$ 、外径  $0.3 \text{ m}$ 、全容量  $30 \text{ L}$  とした。HAP 生成リアクターは  $A_2\text{SBR}$  の後段に設置し、 $A_2\text{SBR}$  に蓄積されたリンを移動し、HAP 法を用いて回収した。 $A_2\text{SBR}$  の嫌気条件下では、DPAOs の有機物摂取に伴って液中にリンが放出されている。この放出されたリンを回収するために、サイクル開始後 50 分で攪拌を停止し、85 分の上澄み  $10 \text{ L}$  を HAP 生成リアクターに送水した。送水後、カルシウム源として塩化カルシウム溶液 (化学両論から  $\text{Ca/P}$  比は  $2.15 \text{ g-Ca/g-P}$ ) を添加し、 $\text{pH}$  を  $9.0$  付近に調整し、3 時間攪拌することで HAP を生成した。生成した HAP は攪拌を停止して沈降分離し、自然乾燥して回収した。HAP 生成リアクターの運転は、 $A_2\text{SBR}$  槽内のリン収支から、4 サイクルに 1 回と設定した。

### 3. 実験結果および考察

$A_2\text{SBR}$  におけるリンと窒素の濃度および除去率の経日変化を図 2 に示す。処理性能を測定した期間は、DNPAOs の代謝が安定した実験開始 100 日目から 260 日目とした。リン濃度は、流入下水  $3.9 \pm 1.0 \text{ mg-P/L}$  だったのに対し、UASB+DHS 処理水では  $4.1 \pm 0.8 \text{ mg-P/L}$  でありほとんど除去されていなかったが、 $A_2\text{SBR}$  処理水では  $0.7 \pm 0.3 \text{ mg-P/L}$  であり、リン除去率は  $83 \%$  だった。窒素濃度は、流入下水における全窒素濃度が  $36 \pm 23 \text{ mg-N/L}$  だったのに対し、UASB+DHS 処理水では  $21 \pm 4.9 \text{ mg-N/L}$  となり、 $A_2\text{SBR}$  処理水では  $8.4 \pm 4.0 \text{ mg-N/L}$  となった。 $A_2\text{SBR}$  での窒素除去率は  $65 \%$  であり、システム全体では  $77 \%$  だった。これらの結果から、 $A_2\text{SBR}$  は UASB+DHS によって除去できなかったリンと窒素の同時除去が可能であった。

HAP 生成リアクターを用いたリン回収実験における 1 日あたりのリンのマスバランスを図 3 に示す。1 日の  $A_2\text{SBR}$  へのリンの流入量が  $628 \pm 53.4 \text{ mg-P/day}$  であることに対し、リン除去後の処理水のリン量が  $177 \pm 74.9 \text{ mg-P/day}$ 、 $A_2\text{SBR}$  の汚泥濃度調整に伴うリンの流出量は  $176 \pm 57.2 \text{ mg-P/day}$  だった。また、HAP 生成リアクターに送水したリン量は  $187 \pm 27.0 \text{ mg-P/day}$  だった。生成した HAP のリン量は  $183 \pm 40.6 \text{ mg-P/day}$  であり、流入したリン量に対して  $29 \%$  のリンを、HAP 法を用いて回収することができた。また、HAP 生成リアクターに送水したリンのうち、HAP として  $98 \%$  のリンを回収することができた。これらの結果から、HAP 生成リアクターの運転により、 $A_2\text{SBR}$  槽内に蓄積されるリンを継続的に回収できると考えられた。

### 4. まとめ

- 1) UASB+DHS+ $A_2\text{SBR}$  を用いた下水処理によって、 $83 \%$  のリンおよび  $77 \%$  の窒素を流入下水中から除去することができた。
- 2) HAP 生成リアクターにより、 $A_2\text{SBR}$  槽内に蓄積するリンの継続的な回収が可能であったが、回収率は  $29 \%$  と低かった。

### 5. 今後の展望

- 1) リンの多くは余剰汚泥として  $A_2\text{SBR}$  から流出しているため、今後は余剰汚泥からのリン回収システムを検討する。
- 2) 回収したリンの品質調査等を行い、利用方法を検討する。

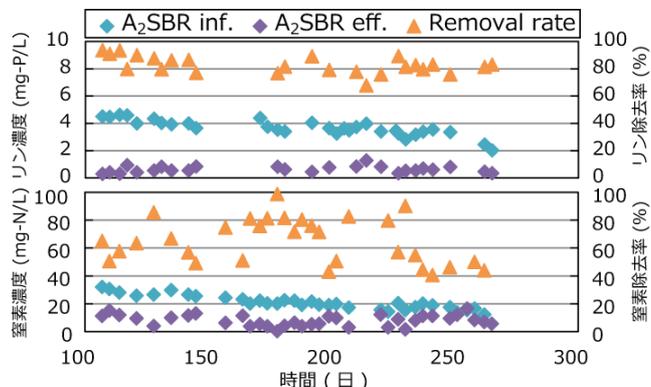


図 2  $A_2\text{SBR}$  のリンと窒素の経日変化

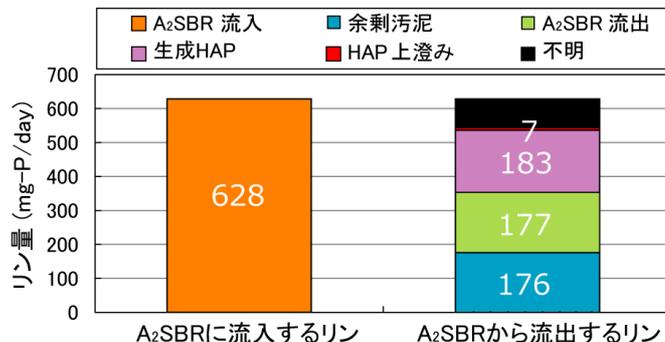


図 3 リン回収実験におけるリンのマスバランス